

Original document

LIGHT EMITTING ELEMENT

Publication number: JP2005079326

Publication date: 2005-03-24

Inventor: YAMADA MASAHIRO

Applicant: SHINETSU HANDOTAI KK

Classification:

- international: **H01L33/00; H01L33/00**; (IPC1-7): H01L33/00

- european:

Application number: JP20030307433 20030829

Priority number(s): JP20030307433 20030829

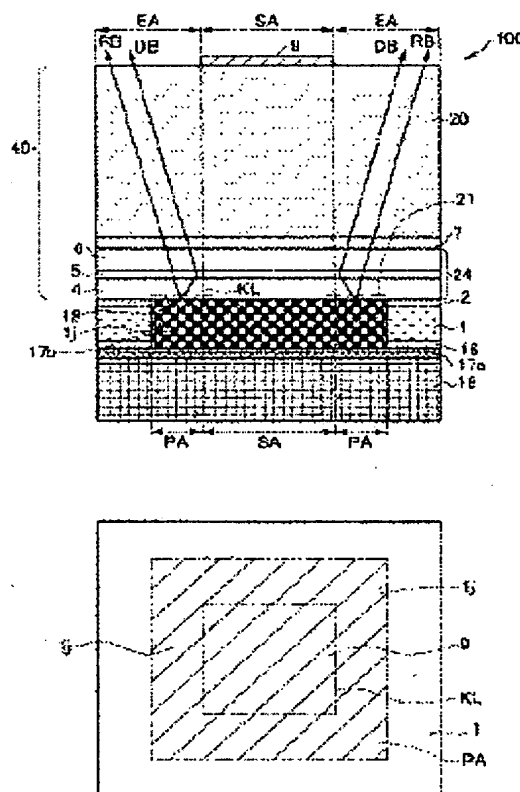
View INPADOC patent family

Report a data error here

Abstract of JP2005079326

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light emitting element in which a light emitting layer has a structure coated with a reflection part, while a step of sticking an element substrate such as a silicon substrate to the light emitting layer via a metal layer composed of the reflector is essentially unwanted, and moreover a sufficient rigidity which endures handling in production can easily be ensured.

SOLUTION: In the light emitting element 100, a compound semiconductor layer 40 having a light emitting layer 24 is epitaxially grown on the first main surface of a light absorbing compound semiconductor substrate. A light ejection surface EA is formed on the first main surface of the compound semiconductor substrate 40, and also an electrode 9 for applying a light emission drive voltage to the light emitting layer 24 is formed so as to coat a part of the light ejection surface EA. An opening 1j open to the second main surface of the light absorbing compound semiconductor substrate is formed in the form of partially cutting away the light absorbing compound semiconductor substrate, and a substrate left in the fringe of the opening 1j is an energization support substrate 1 which functions as an



energization path to the light emitting layer

24.

COPYRIGHT: (C)2005,JPO&NCIPI

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-79326

(P2005-79326A)

(43) 公開日 平成17年3月24日(2005.3.24)

(51) Int.Cl.⁷

H01L 33/00

F1

H01L 33/00

B

テーマコード(参考)

5F041

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-307433 (P2003-307433)
(22) 出願日 平成15年8月29日(2003.8.29)

(71) 出願人 000190149
信越半導体株式会社
東京都千代田区丸の内1丁目4番2号
(74) 代理人 100095751
弁理士 菅原 正倫
(72) 発明者 山田 雅人
群馬県安中市磯部二丁目13番1号 信越
半導体株式会社磯部工場内
Fターム(参考) 5F041 AA04 AA42 CA04 CA13 CA34
CA37 CA38 CA64 CA65 CA73
CA74 CA83 CA85 CB15 CB36

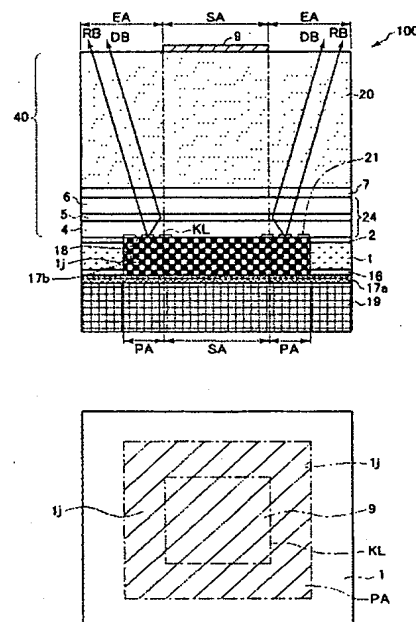
(54) 【発明の名称】 発光素子

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 発光層部が反射部で覆われた構造を有しつつも、反射部をなす金属層を介してシリコン基板などの素子基板を発光層部に貼り合わせる工程が本質的に不要であり、しかも製造時のハンドリングに耐える十分な剛性も容易に確保できる発光素子を提供する。

【解決手段】 発光素子100は、発光層部24を有した化合物半導体層40が光吸収性化合物半導体基板の第一主表面上にエピタキシャル成長されている。そして、化合物半導体層40の第一主表面側に光取出面EAが形成されるとともに、発光層部24に発光駆動電圧を印加するための電極9が光取出面EAの一部を覆うように形成されている。そして、光吸収性化合物半導体基板を一部切り欠く形で該光吸収性化合物半導体基板の第二主表面に開口する開口部1jが形成され、該開口部1jの周縁に残された基板部分が発光層部24への通電経路として機能する通電支持基板部1とされている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

発光層部を有した化合物半導体層が光吸収性化合物半導体基板の第一主表面上にエピタキシャル成長され、該化合物半導体層の第一主表面側に光取出面が形成されるとともに、前記発光層部に発光駆動電圧を印加するための電極が前記光取出面の一部を覆う形で形成された発光素子において、

前記光吸収性化合物半導体基板を一部切り欠く形で該光吸収性化合物半導体基板の第二主表面に開口する開口部が形成され、該開口部の周縁に残された基板部分が前記発光層部への通電経路として機能する通電支持基板部とされ、

前記開口部の内部に、前記発光層部からの発光光束を反射させる反射部が設けられ、その反射光束を前記発光層部からの直接光束と重畳させて前記光取出面から取り出すようにしたことを特徴とする発光素子。

【請求項2】

前記開口部は前記光吸収性化合物半導体基板を厚さ方向に貫通して形成され、前記化合物半導体層の第二主表面が前記開口部に露出してなることを特徴とする請求項1記載の発光素子。

【請求項3】

前記開口部が、前記光取出面の直下領域と重なる形で形成され、該開口部内にて前記反射部が、前記光取出面の直下領域と重なる形で設けられていることを特徴とする請求項2記載の発光素子。

【請求項4】

前記開口部が前記電極の直下領域と重なる形で形成され、該開口部内にて前記反射部が、前記電極の直下領域と重なる形で設けられていることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項5】

前記発光層部と前記電極との間に電流拡散層が設けられており、前記光取出面が該電流拡散層の第一主表面周縁に沿って前記電極を取り囲む形態で形成され、前記通電支持基板部が前記化合物半導体層の第二主表面の周縁に沿って棒状に形成され、当該棒状の通電支持基板部の内側に前記開口部が形成されていることを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項6】

前記電極の前記化合物半導体層の第二主表面への投影外形線が、前記棒状の通電支持基板部の内側に位置してなり、かつ、前記開口部において、該前記棒状の通電支持基板部の内縁と前記電極の前記投影外形線との間に位置する領域が前記反射部にて覆われてなることを特徴とする請求項5記載の発光素子。

【請求項7】

前記電極の直下領域において、前記化合物半導体層と前記反射部とのコンタクト抵抗が、前記化合物半導体層と前記通電支持基板部とのコンタクト抵抗よりも高いことを特徴とする請求項3ないし請求項6のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項8】

前記反射部は金属反射部であり、前記電極の直下領域において該金属反射部は、前記開口部の底面をなす化合物半導体部に対し、コンタクト用合金化層を介することなく、直接接して配置されている請求項7記載の発光素子。

【請求項9】

前記開口部が、前記光取出面の直下領域と重なる形で形成され、前記金属反射部が、前記開口部の底面をなす化合物半導体部に対し、前記光取出面の直下領域に分散形成されたコンタクト用合金化層を介して接している請求項1ないし請求項8のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項10】

前記反射部が、前記開口部内に充填された金属ペースト層であることを特徴とする請求項1ないし請求項9のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項11】

前記通電支持基板部の第二主表面が、前記開口部内を充填する前記金属ペースト層の第二主表面とともに放熱用金属部材により覆われていることを特徴とする請求項10記載の発光素子。

【請求項12】

前記金属ペースト層の外周縁部に一体化される形で、前記通電支持基板部の第二主表面を覆う導通経路ペースト層が形成され、前記通電支持基板部の第二主表面には、前記導通経路ペースト層とのコンタクト抵抗を減ずるコンタクト用合金化層が形成されてなることを特徴とする請求項10又は請求項11に記載の発光素子。

【請求項13】

前記反射部が、前記開口部の底面をなす化合物半導体部上に成膜された反射金属層であることを特徴とする請求項1ないし請求項9のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項14】

前記化合物半導体層は前記通電支持基板部との境界位置に、屈折率の相違する半導体膜を複数積層することにより、ブラッグ反射を利用して光を反射させるDBR層を有することを特徴とする請求項1ないし請求項13のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項15】

前記化合物半導体層よりも前記通電支持基板部の厚さが小であることを特徴とする請求項1ないし請求項14のいずれか1項に記載の発光素子。

【請求項16】

前記発光層部がAlGaInPからなり、前記通電支持基板部がGaAsよりなることを特徴とする請求項1ないし請求項15のいずれか1項に記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

【特許文献1】特開2001-339100号公報

【非特許文献1】日経エレクトロニクス2002年10月21日号124頁～132頁

【0003】

発光ダイオードや半導体レーザー等の発光素子に使用される材料及び素子構造は、長年にわたる進歩の結果、素子内部における光電変換効率が理論上の限界に次第に近づきつつある。従って、一層高輝度の素子を得ようとした場合、素子からの光取出し効率が極めて重要となる。例えば、AlGaInP混晶により発光層部が形成された発光素子は、薄いAlGaInP（あるいはGaInP）活性層を、それよりもバンドギャップの大きいn型AlGaInPクラッド層とp型AlGaInPクラッド層とによりサンドイッチ状に挟んだダブルヘテロ構造を採用することにより、高輝度の素子を実現できる。このようなAlGaInPダブルヘテロ構造は、AlGaInP混晶がGaAsと格子整合することを利用して、GaAs単結晶基板上にAlGaInP混晶からなる各層をエピタキシャル成長させることにより形成できる。そして、これを発光素子として利用する際には、通常、GaAs単結晶基板をそのまま素子基板として利用することも多い。しかしながら、発光層部を構成するAlGaInP混晶はGaAsよりもバンドギャップが大きいため、発光した光がGaAs基板に吸収されて十分な光取出し効率が得られにくい難点がある。

【0004】

そこで、特許文献1には、成長用のGaAs基板を剥離する一方、補強用の素子基板（導電性を有するもの）を、反射用のAu層を介して剥離面に貼り合わせる技術が開示されている。また、非特許文献1には、反射率の波長依存性がAuよりも小さいAlにて反射層を構成することにより、反射強度を高めるようにした発光素子が開示されている。該非

特許文献1の素子構造においては、発光層部とシリコン基板からなる素子基板との間にA1反射層が配置され、さらに、A1反射層とシリコン基板との間には、シリコン基板と発光層部との貼り合わせ接合を容易にするために、Au層を介在させている。具体的には、発光層部側に形成したA1反射層を覆うようにAu層を形成し、他方シリコン基板側にもAu層を形成して、それらAu層同士を密着させて貼り合わせを行なうようにしている。特許文献1及び非特許文献1のいずれの構成においても、発光層部から成長用の基板を除去した状態では発光素子チップの強度を確保できず、また、ダイシング前のウェーハの状態ではウェーハが極度に薄くなってハンドリングが非常に困難になるので、補強用の素子基板を発光層部に結合することが必須である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、特許文献1及び非特許文献1の構成には次のような欠点がある。

(1) GaAsからなる成長用の基板を発光層部から除去したあと、Au層を介してシリコン基板を発光層部に貼り合わせる工程が必要であり、製造工数が多くコストアップを招きやすい。

(2) シリコン基板と発光層部との間に十分な貼り合わせ強度を確保するためには、加熱しながら貼り合わせを行なう必要がある。しかし、Au層を介在させた状態で加熱を行なうと、シリコン基板あるいは反射層をなすA1層と該Au層とが共晶反応や拡散合金化などの冶金的反応を起し、反射率が低下しやすくなる。

【0006】

本発明の課題は、発光層部が反射部で覆われた構造を有しつつも、反射部をなす金属層を介してシリコン基板などの素子基板を発光層部に貼り合わせる工程が本質的に不要であり、しかも製造時のハンドリングに耐える十分な剛性も容易に確保できる発光素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【0007】

本発明の発光素子は、発光層部を有した化合物半導体層が光吸収性化合物半導体基板の第一主表面上にエピタキシャル成長され、該化合物半導体層の第一主表面側に光取出面が形成されるとともに、発光層部に発光駆動電圧を印加するための電極が光取出面の一部を覆う形で形成された発光素子において、上記の課題を解決するために、

光吸収性化合物半導体基板を一部切り欠く形で該光吸収性化合物半導体基板の第二主表面に開口する開口部が形成され、該開口部の周縁に残された基板部分が発光層部への通電経路として機能する通電支持基板部とされ、

開口部の内部に、発光層部からの発光光束を反射させる反射部が設けられ、その反射光束を発光層部からの直接光束と重畳させて光取出面から取り出すようにしたことを特徴とする。発光層部が例えばAlGaInPにて構成される場合、そのエピタキシャル成長に使用する光吸収性化合物半導体基板（ひいては通電支持基板部）としては、GaAs基板を使用することができる。

【0008】

本発明の発光素子においては、発光層部（を含む化合物半導体層）のエピタキシャル成長に用いる光吸収性化合物半導体基板を、該発光層部の成長後に全て除去するのではなく、その一部を切り欠く形で該光吸収性化合物半導体基板の第二主表面に開口部を形成し、その開口部の内側に、発光層部からの発光光束を反射させる反射部を設ける。そして、開口部形成に関与しない基板部分は通電支持基板部として活用する。成長用の光吸収性化合物半導体基板の一部が発光層部への剛性付与の機能を果たせば、発光層部の第二主表面側にはシリコン基板などの導電性基板を補強目的で新たに貼り合わせる必要がなくなる。特許文献1や非特許文献1と比較して、工数削減に寄与することは明らかである。そして、反射部自体は形成された開口部内に基板貼り合わせを前提とせずに配置すればよく、当然、貼り合わせ熱処理も不要なので、反射部が冶金的反応等により反射率を落とす心配もない。

。かくして、本発明の採用により、発光層部が反射部で覆われた構造を有しつつも、反射部をなす金属層を介してシリコン基板などの素子基板を発光層部に貼り合わせる工程が本質的に不要であり、しかも製造時のハンドリングに耐える十分な剛性も容易に確保できる発光素子を実現する。

【0009】

開口部を形成する際には、厚さが小さければ、光吸収性化合物半導体基板の一部が開口部の底位置に残留していても差し支えない。しかし、反射率を可及的に高める観点においては、基板に由来した光吸収性の化合物半導体になるべく開口部の底に残留していないこと、つまり、開口部が光吸収性化合物半導体基板を厚さ方向に貫通して形成され、(基板よりも光吸収性の小さい)化合物半導体層の第二主表面を開口部に露出させることが望ましい。

【0010】

本発明の発光素子は、光取出し効率を高めるために、次のように構成することが有効である。すなわち、開口部を、光取出面の直下領域と重なる形で形成し、該開口部内にて反射部を、光取出面の直下領域と重なる形で設ける。このようにすると、光取出面の直下位置に反射部を望ませることができ、反射光束をより効率的に取り出すことができるので、発光素子全体のさらなる発光強度増加に寄与する。

【0011】

一方、開口部を電極の直下領域と重なる形で形成し、該開口部内にて反射部を、該電極の直下領域と重なる形で設けることもできる。電極の直下領域に設けた反射部は、直上方向への反射光は電極に遮られるものの、電極外形線を見込む角度よりも小さな角度で斜めに反射される光は、電極外側の光取出領域から外部に取り出すことができ、反射光束のより効率的な取り出しに寄与する。なお、光取出面の直下領域に加え、さらに電極の直下領域にも反射部を設けることで反射光束の取出効率が一層高められることは、いうまでもない。

【0012】

素子の発光強度を高めるには、光取出面に臨む発光層部領域に電流を一様に供給することが重要であり、特に、電極から離れた領域にも十分な電流を供給するには、発光層部と電極との間に電流拡散層を設けておくことが有効である。電流拡散層は、発光層部よりもドーパント濃度を高めた化合物半導体層として形成することができるほか、ITO(Indium Tin Oxide)などの導電性酸化物層として形成することもできる。

【0013】

上記のような電流拡散層を設ける場合、光取出面を該電流拡散層の第一主表面周縁に沿って電極を取り囲む形態で形成することができる。このようにすると、電極の周囲領域に電流を一様に供給することができ、光取出効率向上に寄与する。この場合、発光層部への通電経路を構成する通電支持基板部を、該発光層部を含む化合物半導体層の第二主表面の周縁に沿って棒状に形成し、当該棒状の通電支持基板部の内側に前記の開口部を形成することができる。棒状の通電支持基板部を設けることで、電極を取り囲む光取出面に電流を集中させることができ、発光層部を光取出に有利な領域で優先的に発光させることができるので、光取出し効率を一層向上させることができる。

【0014】

上記の構成においては、電極の化合物半導体層の第二主表面への投影外形線を、棒状の通電支持基板部の内側に位置させることができる。そして、開口部において、該棒状の通電支持基板部の内縁と電極の投影外形線との間に位置する領域を反射部にて覆うことができる。この構造によると、電極を取り囲む光取出領域と棒状の通電支持基板部との間に形成される一定幅の領域において、反射部による反射光束を効果的に取り出すことができ、光取出し効率の更なる向上に寄与する。

【0015】

また、電極の直下領域においては、化合物半導体層と反射部とのコンタクト抵抗を、化合物半導体層と通電支持基板部とのコンタクト抵抗よりも高くすることができる。電極の

直下領域では、発光層部をいくら光らせても発光光束の多くが電極に遮られ、外部に効率よく取り出すことができない。従って、電極の直下領域で通電電流を大きくすることは得策でない。そこで上記のように、開口部により電極の直下領域に反射部を配置し、かつ、該反射部と化合物半導体層とのコンタクト抵抗を、通電支持基板部と化合物半導体層とのコンタクト抵抗よりも高くすることで、電極の直下領域に分配される通電電流を少なくすることができ、その分、光取出面の直下に位置する通電支持基板部側の発光層部領域に電流を優先的に流すことができるので、光取出効率を大幅に増加させることができる。

【0016】

また、反射部は金属反射部とすることができる。この場合、電極の直下領域において該金属反射部を、開口部の底面をなす化合物半導体部に対し、コンタクト用合金化層を介することなく、直接接して配置することができる。電極の直下領域からコンタクト用合金化層を排除することで、化合物半導体層と反射部とのコンタクト抵抗を効果的に高めることができ、発光光束が遮光されやすい電極直下領域での発光を抑制して光取出し効率の更なる向上に寄与する。なお、開口部が、光取出面の直下領域と重なる形で形成される場合は、金属反射部の全体に対してコンタクト用合金化層を排除する構成としてもよいが、光取出面の直下領域にはコンタクト用合金化層を分散形成するようにしてもよい。この場合、金属反射部は、開口部の底面をなす化合物半導体部に対し、光取出面の直下領域においてはコンタクト用合金化層を介して接することになり、光取出面の直下領域において発光層部を、金属反射部を介して通電発光させることができる。これにより、光取出し効率がより向上する。

【0017】

以上の構成において反射部は、開口部内に充填された金属ペースト層とすることができる。この方法によると、Agペースト等の金属ペーストを塗布することにより開口部内に反射部を簡単に形成することができる。さらに、開口部の内側空間を、伝熱性の高い金属ペーストで充填することにより、発光層部の放熱を促進でき、通電による発光層部の温度上昇が抑制されるので、素子の長寿命化を図ることができる。この場合、通電支持基板部の第二主表面を、開口部内を充填する金属ペースト層の第二主表面とともに放熱用金属部材により覆うことができる。放熱用金属部材を設けることにより発光層部の放熱をさらに促進することができる。また、金属ペースト層を結合剤に兼用させることで、放熱用金属部材の発光層部（化合物半導体層）への結合を、反射部を兼ねた金属ペースト層による貼り合わせにより簡単に行なうことができる。放熱用金属部材は、熱伝導率が高くなるべく高い金属で構成することが望ましく、具体的にはAl又はCuのいずれかを主成分（50質量%以上；100質量%含む）とする金属で構成するとよい。具体的には、Al金属板ないしCu金属板を用いることで、高性能の放熱用金属部材を安価に構成することができる。また、Cu-W合金は熱容量も高く、放熱性に特に優れた効果を発揮する。

【0018】

また、金属ペースト層の外周縁部に一体化される形で、通電支持基板部の第二主表面を覆う導通経路ペースト層を形成し、通電支持基板部の第二主表面には、導通経路ペースト層とのコンタクト抵抗を減ずるコンタクト用合金化層を形成することができる。この構成によると、開口部が形成された化合物半導体層の第二主表面側に金属ペースト層を、通電支持基板部の形成領域とともに一括して塗付すればよく、反射部を兼ねた金属ペースト層の形成をより簡便に行なうことができる（導通経路ペースト層は開口部を充填する金属ペーストと同一の金属ペーストで形成される）。しかも、通電支持基板部の第二主表面にはコンタクト用合金化層が形成され、該コンタクト用合金化層を覆うように金属ペースト層の導通経路ペースト層が形成されるので、通電支持基板部と放熱用金属部材との間で、コンタクト用合金化層と導通経路ペースト層とを介して容易に通電でき、素子の直列抵抗の低減にも寄与する。

【0019】

他方、反射部は、開口部の底面をなす化合物半導体部上に成膜された反射金属層とすることができる。この構成は、蒸着やスパッタなどの成膜工程が必要になるが、反射金属層

の平滑性が高められるので、より反射率の高い反射部を得ることができる。

【0020】

また、化合物半導体層は通電支持基板部との境界位置には、屈折率の相違する半導体膜を複数積層することにより、ブラッグ反射を利用して光を反射させるDBR (Distributed Bragg Reflector) 層を設けることもできる。DBR層は通電支持基板部上にエピタキシャル成長可能であり、光取出面直下に位置する発光層部のうち、光吸収性の通電支持基板部直上に位置する領域であっても、反射光束を効果的に発生させることができ、ひいては光取出し効率をさらに高めることが可能となる。

【0021】

なお、通電支持基板部は化合物半導体層よりも厚さを小とすることにより、発光素子のチップ部分の低背化を図ることができ、ひいては素子の小型化に寄与する。また、通電支持基板部の厚みが減じられることで、開口部形成により通電断面積が減少しているにもかかわらず、素子の直列抵抗が増加しにくくなり、発光効率向上に寄与する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本発明の実施形態を添付の図面を用いて説明する。

図1は本発明の一実施形態である発光素子100を模式的に示すものである。発光素子100は、発光層部24を有した化合物半導体層40が光吸収性化合物半導体基板1の第一主表面上にエピタキシャル成長されている。そして、化合物半導体層40の第一主表面側に光取出面EAが形成されるとともに、発光層部24に発光駆動電圧を印加するための電極9が光取出面EAの一部を覆うように形成されている。そして、光吸収性化合物半導体基板1を一部切り欠く形で該光吸収性化合物半導体基板1の第二主表面に開口する開口部1jが形成され、該開口部1jの周縁に残された基板部分が発光層部24への通電経路として機能する通電支持基板部とされている（以下、通電支持基板部1という）。そして、開口部1jの内部に、発光層部24からの発光光束を反射させる反射部17bが設けられ、その反射光束RBが発光層部24からの直接光束DBと重畳させて光取出面EAから取り出される。

【0023】

発光層部24は、ノンドープ $(Al_x Ga_{1-x})_y In_{1-y}P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 0.55$, $0.45 \leq y \leq 0.55$) 混晶からなる活性層5を、第一導電型クラッド層、本実施形態ではp型 $(Al_z Ga_{1-z})_y In_{1-y}P$ (ただし $x < z \leq 1$) からなるp型クラッド層6と、前記第一導電型クラッド層とは異なる第二導電型クラッド層、本実施形態ではn型 $(Al_z Ga_{1-z})_y In_{1-y}P$ (ただし $x < z \leq 1$) からなるn型クラッド層4とにより挟んだ構造を有し、活性層5の組成に応じて、発光波長を、緑色から赤色領域（発光波長（ピーク発光波長）が550nm以上670nm以下）にて調整できる。発光素子100においては、電極9にp型AlGaInPクラッド層6が配置されており、通電支持基板部1側にn型AlGaInPクラッド層4が配置されている。従って、通電極性は電極9が正である。なお、ここでいう「ノンドープ」とは、「ドーパントの積極添加を行わない」との意味であり、通常の製造工程上、不可避免的に混入するドーパント成分の含有（例えば $10^{13} \sim 10^{16} / \text{cm}^3$ 程度を上限とする）をも排除するものではない。また、通電支持基板部1はGaAs単結晶からなる。

【0024】

また、化合物半導体層40においては、発光層部24の第一主表面上に、GaP（あるいはGaAsPやAlGaAsでもよい）よりなる電流拡散層20が形成され、該電流拡散層20の第一主表面の略中央に前述の電極9（例えばAu電極）が形成されている。電流拡散層20は、発光層部24（p型クラッド層6）よりも有効キャリア濃度（従って、p型ドーパント濃度）が高められている。電流拡散層20の第一主表面における、電極9の周囲の領域が光取出面EAをなす。他方、通電支持基板部1側においては、開口部1jが該基板部1を厚さ方向に貫通して形成され、化合物半導体層40の第二主表面、ここでは発光層部24（n型クラッド層4）の第二主表面が開口部1jに露出している。

【0025】

上記の開口部1 jは、電極9の直下領域SAと重なる形で形成されている。本実施形態では、電極9の直下領域SAが開口部1 jの内側に包含され、直下領域SAの全体が開口部1 jの領域と重なっている。そして、該直下領域SAにおいて、化合物半導体層40と反射部17bとのコンタクト抵抗が、化合物半導体層40と通電支持基板部1とのコンタクト抵抗よりも高く設定されている。

【0026】

本実施形態においては、反射部17bは金属反射部とされている（以下、金属反射部17bという）。そして、電極9の直下領域SAにおいて該金属反射部17bが、開口部1 jの底面をなす化合物半導体部（ここでは、発光層部24のn型クラッド層4）に対し、コンタクト用合金化層を介することなく、直接接して配置されている。電極9の直下領域SAからコンタクト用合金化層を排除することで、化合物半導体層40と反射部17bとのコンタクト抵抗が高められている。図1において反射部17bは、開口部1 j内に充填された金属ペースト層（以下、金属ペースト層17bという）である。そして、通電支持基板部1の第二主表面は、開口部1 j内を充填する金属ペースト層17bの第二主表面とともに放熱用金属部材19（例えばCu板ないしAl板）により覆われている。金属ペースト層17bは、放熱用金属部材19を発光層部24（化合物半導体層40）に結合する結合層と、反射部とに兼用されるものであり、Ag等の金属粉末を結合用の樹脂及び溶剤からなるビヒクル中に分散させた金属ペーストを塗付後、乾燥させることにより形成されるものである。

【0027】

金属ペースト層17bの外周縁部には、これと一体化される形で、通電支持基板部1の第二主表面を覆う導通経路ペースト層（金属ペーストからなる）17aが形成されている。そして、通電支持基板部1の第二主表面には、導通経路ペースト層17aとのコンタクト抵抗を減ずるコンタクト用合金化層16が形成されている。コンタクト用合金化層は、Au又はAgを主成分として（50質量%以上）、これに、コンタクト先となる半導体の種別及び導電型に応じ、オーミックコンタクトを取るためのコンタクト用合金成分を適量配合したコンタクト用金属を半導体表面上に膜形成した後、合金化熱処理（いわゆるシンター処理）を施すことにより形成されたものである。本実施形態では、n型GaAsからなる通電支持基板部1上に、AuGeNi合金（例えばGe：15質量%、Ni：10質量%、残部Au）を用いたコンタクト用合金化層16が形成されている。

【0028】

また、本実施形態において開口部1 jは、光取出面EAの直下領域PAとも重なりを有しており、該開口部1 j内に金属反射部（金属ペースト層）17bが、光取出面EAの直下領域PAと重なる形で設けられている。前述のごとく、発光層部24と電極9の間には電流拡散層20が設けられており、光取出面EAは、該電流拡散層20の第一主表面周縁に沿って電極9を取り囲む形態で形成されている。そして、発光層部24への通電経路を構成する通電支持基板部1は、該発光層部24を含む化合物半導体層40の第二主表面の周縁に沿って枠状に形成され、当該枠状の通電支持基板部1の内側に開口部1 jが形成されている。また、電極9の化合物半導体層40の第二主表面への投影外形線KLは、枠状の通電支持基板部1の内側に位置するように、電極9と開口部1 jとの形成位置及び領域寸法が定められている。そして、開口部1 jにおいて、該枠状の通電支持基板部1の内縁と電極9の投影外形線KLとの間に位置する領域PAが、金属反射部（金属ペースト層）17bにて覆われている。なお、図5及び図6に示すように、開口部1 jの内側には、枠状の通電支持基板部1をさらに補強するための、補助通電支持基板部1wを設けることができる。本実施形態では、補助通電支持基板部1wを、開口部1 jを複数個に仕切る形で直線状に形成している。図5は、補助通電支持基板部1wを、通電支持基板部1の対辺間をつなぐ十字状に形成した例であり、図6は、同じく通電支持基板部1の対角間をつなぐX字状に形成した例である。

【0029】

開口部1j内においては、コンタクト用合金化層を完全に排除する構成としてもよいし、光取出面EAの直下領域PAにはコンタクト用合金化層21を分散形成するようにしてもよい(コンタクト用合金化層16と材質は同じである)。この場合、金属反射部17bは、開口部1jの底面をなす化合物半導体部4に対し、光取出面EAの直下領域PAにおいてはコンタクト用合金化層21を介して接することになり、光取出面EAの直下領域PAにおいて発光層部24を、金属反射部17bを介して通電発光させることができる。他方、通電支持基板部1の第二主表面に形成されるコンタクト用合金化層16は、光反射にあまり寄与しないため、導通経路ペースト層17aとのコンタクト抵抗低減を優先して、通電支持基板部1の第二主表面の全面を覆うように形成される。他方、開口部1j内における光取出面EAの直下領域PAにコンタクト用合金化層21を形成する場合は、コンタクト用合金化層21の反射率が比較的低いため、該領域での反射光束を増加させる効果と、コンタクト用合金化層21とのコンタクト抵抗を低減する効果とのバランスを考慮し、領域PAの全面積に対するコンタクト用合金化層21の形成面積の比率を1%以上25%以下に調整することが望ましい。

【0030】

以下、図1の発光素子100の製造方法について説明する。

まず、図2の工程1に示すように、n型GaAs単結晶からなる成長用基板10を用意する。そして、工程2に示すように、その成長用基板10の第一主表面上にGaAsバッファ層2を成長し、さらに、発光層部24として、n型AlGaInPクラッド層4、AlGaInP活性層(ノンドープ)5、及びp型AlGaInPクラッド層6を、この順序にて周知のMOVPE(Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy)法によりエピタキシャル成長させる。続いて工程3に進み、電流拡散層20(厚さ:50 μ m以上200 μ m以下(例えば100 μ m))を、例えばハイドライド気相成長法(Hydride Vapor Phase Epitaxial Growth Method:HVPE)あるいはMOVPE法を用いてエピタキシャル成長する。特に、GaPないしGaAsPからなる電流拡散層20は、HVPE法により良質のものを高速成長しやすい利点がある。

【0031】

そして、工程4に進み、成長用基板10の厚さを減ずる処理を行なう。本実施形態では該処理を、成長用基板10の第二主表面側部分1''を研削により除去し、残った基板部分を基板本体部1'としている。その後、図3の工程5に進み、基板本体部1'の第二主表面側に残留している加工変質層を化学エッチングにより除去する。

【0032】

工程6に進み、基板本体部1'の第二主表面の通電支持基板部1として予定された領域に、AuGeNi合金からなるコンタクト金属層16'を形成する。また、電流拡散層20の第一主表面には、電極9を形成する。コンタクト金属層16'は、開口部1jを形成するためのエッチングマスクの役割を兼用しており、蒸着あるいはスパッタリングにより周知のフォトリソグラフィ技術を用いて形成される。ただし、コンタクト金属層16'の表面を、感光性樹脂からなるエッチングレジスト層にて覆うようにしてもよい。次いで、工程7に示すように、GaAsからなる基板本体部1'の該コンタクト金属層16'の内側に露出する部分およびGaAsバッファ層2をエッチングすることにより開口部1jを形成する。該開口部1jの形成により、基板本体部1'は棒状の通電支持基板部1となり、発光層部24は露出面18を開口部1j内に形成する。そして、350℃以上500℃以下の温度域で合金化熱処理を行なうことにより、コンタクト金属層16'を通電支持基板部1と合金化してコンタクト合金化層16とし、発光素子チップ30cが得られる。

【0033】

ここで、開口部1jの内側(工程7で生ずる露出面18)において、電極9の直下領域SAにはコンタクト用合金化層21を形成しない。また、棒状の通電支持基板部1の直上領域と、電極9の直下領域SAとの間に挟まれた領域PAには、コンタクト用合金化層21を例えば散点状に分散形成することができる。

【0034】

図4に示すように、成長用基板10上には、上記開口部1jすなわち発光素子チップ30cが複数個マトリックス状に配列した形で一括形成される。このとき、通電支持基板部1は、隣接した発光素子チップ30c同士のものが一体化されているので、その幅方向中央位置に設定された切断線CLに沿って切断することにより、個々の発光素子チップ30cに分離される。そして、分離後の発光素子チップ30cの第二主表面側には、開口部1jが充填され、かつ通電支持基板部1の第二主表面が覆われるように金属ペーストが塗付され、金属ペースト層17bと導通経路ペースト層17aとが一括形成される。そして、図3の工程8に示すように、それら金属ペースト層17bと導通経路ペースト層17aとを介して放熱用金属部材19を貼り合わせれば、図1の発光素子100が得られる。

【0035】

上記発光素子100の成長用基板10は、光吸収性化合物半導体であるGaAsにて要部が構成されるが、これを発光層部24の成長後に全て除去するのではなく、厚さを減じて基板本体部1'とした後に、その一部切り欠く形で開口部1jを形成し、その開口部1j内を、反射部をなす金属ペースト層17bにて充填する。そして、開口部1j形成に関与しない基板部分は通電支持基板部1となり、発光層部24への剛性付与の機能を果たす。従って、特許文献1や非特許文献1のように、発光層部24の第二主表面側にはシリコン基板などの導電性基板を補強目的で新たに貼り合わせる必要がなくなる。また、金属ペースト層17bを形成後には、シンター熱処理等の高温熱処理が実施されないで、金属ペースト層17bが冶金的反応等により反射率を落とす心配もない。

【0036】

また、本実施形態では、電極9を取り囲む形態で光取出面EAを形成し、通電支持基板部1を光取出面EAに対応した枠状に形成しているため、電極9を取り囲む光取出面EAに電流を集中させることができ、発光層部24を光取出に有利な領域で優先的に発光させることができる。また、電極9と枠状の通電支持基板部1との間に形成される一定幅の領域PAに金属ペースト層17bを臨ませてあり、該領域PAが存在するので反射光束RBが電極9により遮られることが効果的に防止される。さらに、電極9の直下領域SAからは、コンタクト用合金化層が排除されており、化合物半導体層40と反射部17bとのコンタクト抵抗が高められるので、発光光束が遮光されやすい電極9の直下領域SAでの発光が抑制され、光取出し効率の更なる向上に寄与している。さらに、通電支持基板部1の第二主表面には、金属ペースト層17bを介して放熱用金属部材19により覆われており、通電による発光層部24の温度上昇が抑制される。

【0037】

以下、本発明の発光素子の変形例について説明する（図1の発光素子との共通部分には同一の符号を付与して詳細な説明は省略する）。まず、図9は、コンタクト用合金化層21を電極9の該直下領域SAにも配置した例である。電極9の直下での発光光束は、電極9にて一部遮られるが、直下領域SAに存在する反射部（金属ペースト層17b）での斜め方向への反射光を大きくできる場合（例えば電流拡散層20をある程度厚く形成した場合など）には、素子全体としての光取出し効率を向上できる場合がある。他方、図10のように、開口部1j内の領域にコンタクト用合金化層を全く形成しない構成も可能である。この場合は、通電支持基板部1の領域が主たる電流通路を構成するが、電流拡散層20がある程度厚ければ、発光層部24において通電支持基板部1の内側、つまり開口部1jの領域（特に、光取出面EAの直下領域PA）への回りこみ電流の発生も期待できる。コンタクト用合金化層の表面は反射率が多少低下するが、図10のように、前記コンタクト用合金化層が光取出面EAの直下領域PAから省略されていれば、該領域での反射効率をより高めることができ、素子全体としての光取出し効率を向上できる場合がある。

【0038】

次に、図7の発光素子200においては、反射部が、開口部1jの底面をなす化合物半導体部上、ここでは発光層部24（n型クラッド層4）上に成膜された反射金属層31（例えば、Au、AgあるいはAlのいずれかを主成分とするものである）とされている。なお、通電支持基板部1の第二主表面側は、コンタクト用合金化層16を介して裏面電極

32にて覆われているが、これを反射金属層31と同材質(例えばAu)とすることで、裏面電極32と反射金属層31とを一括形成できる利点がある。一方、図8の発光素子300のように、発光層部24と通電支持基板部1との境界位置に、屈折率の相違する半導体膜を複数積層することにより、ブラッグ反射を利用して光を反射させるDBR層30が設けられている(DBR層30が設けられている以外は、図7と同じ構成である)。DBR層30は通電支持基板部1上にエピタキシャル成長可能である。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】本発明の発光素子の第一実施形態を示す断面模式図及び平面投影図。

【図2】図1の発光素子の製造方法の一例を示す工程説明図。

【図3】図2に続く工程説明図。

【図4】発光素子チップの切断線の設定例を示す模式図。

【図5】補助通電支持基板部の第一の形成形態を示す模式図。

【図6】補助通電支持基板部の第二の形成形態を示す模式図。

【図7】本発明の発光素子の第二実施形態を示す断面模式図。

【図8】本発明の発光素子の第三実施形態を示す断面模式図。

【図9】本発明の発光素子の第四実施形態を示す断面模式図。

【図10】本発明の発光素子の第五実施形態を示す断面模式図。

【符号の説明】

【0040】

100, 200, 300 発光素子

EA 光取出面

1 通電支持基板部

1j 開口部

16 コンタクト用合金化層

17a 導通経路ペースト層

17b 金属ペースト層(反射部)

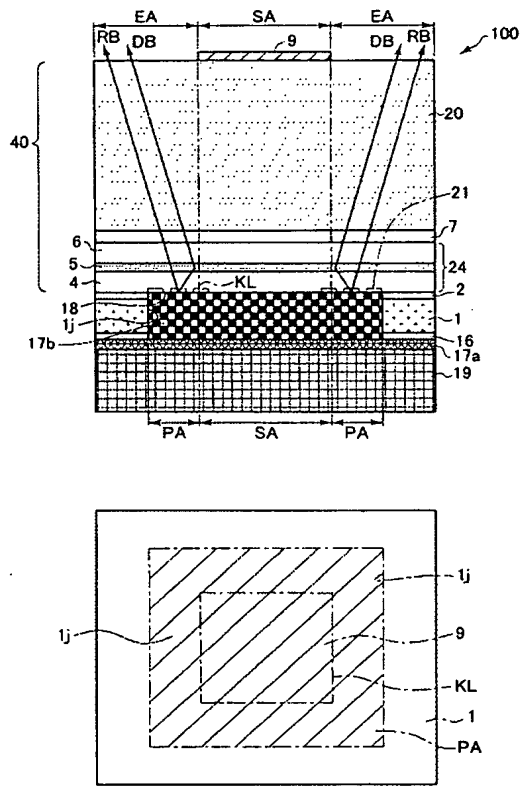
19 放熱用金属部材

20 電流拡散層

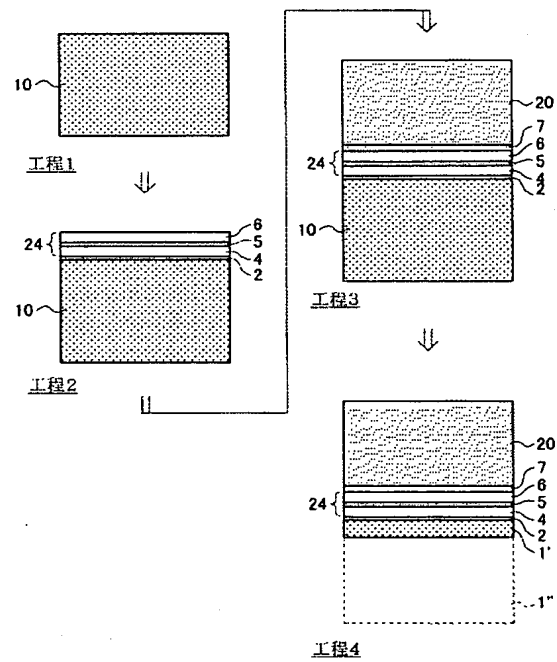
24 発光層部

40 化合物半導体層

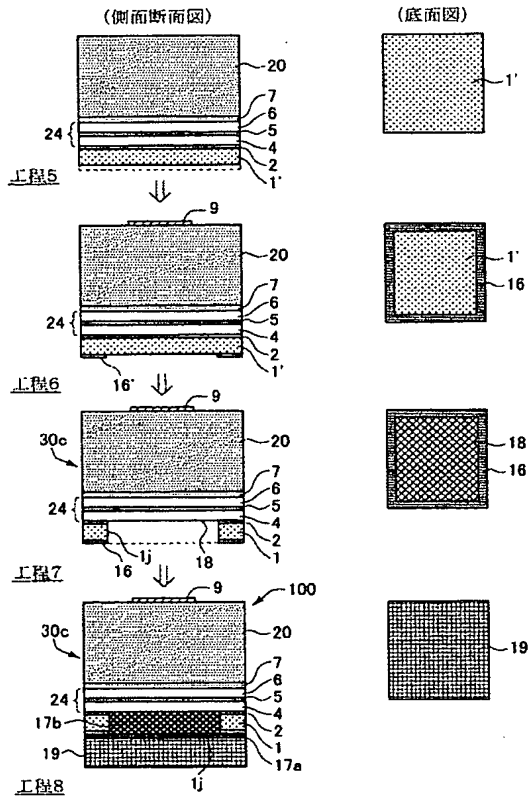
【図1】



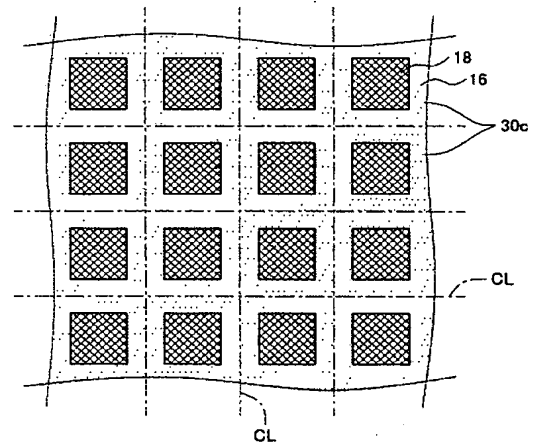
【図2】



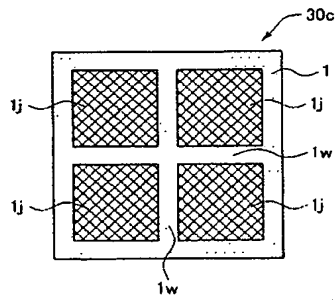
【図3】



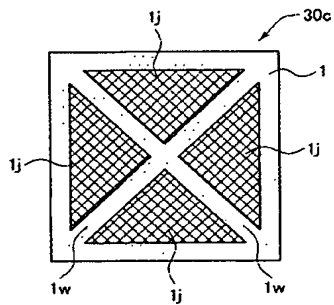
【図4】



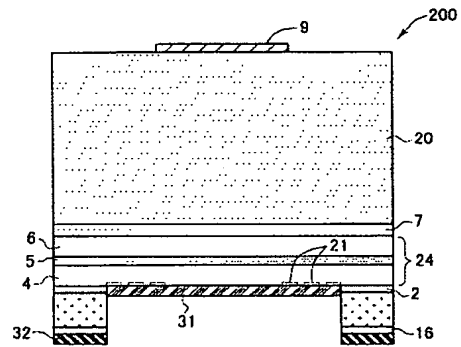
【図5】



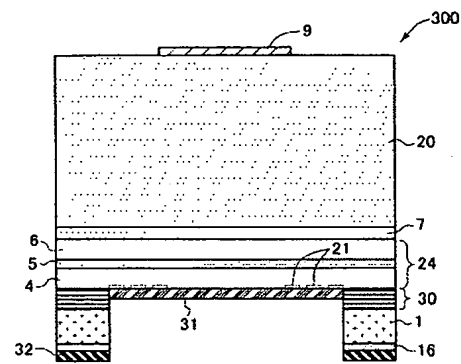
【図6】



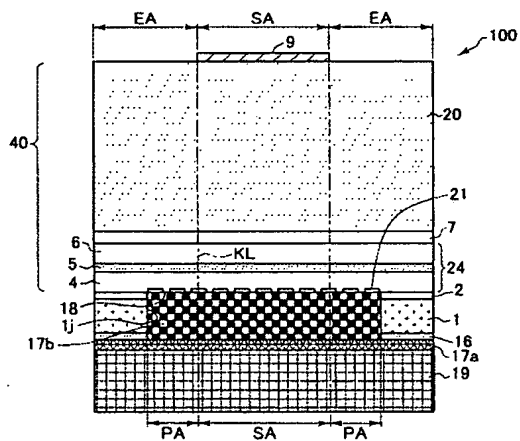
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

